Prof. Claudio Barbeito

APO 1: Introducción a la Biología Celular. Niveles de organización. Evolución y diversidad biológica

Introducción

Del origen del universo al origen de la vida

Las primeras células

Propiedades de los seres vivos

Organismos autótrofos y heterótrofos

El surgimiento de la célula eucariota

El origen de la multicelularidad y la pluricelularidad

La diversidad de la vida y su clasificación

Los seres vivos en relación con el medio que los rodea

Evolución de los seres vivos

Una sola salud

INTRODUCCIÓN

El planeta Tierra no estuvo siempre repleto de organismos, como lo está en la actualidad. Inicialmente estaba deshabitado, y luego solo albergó organismos de dimensiones microscópicas, formados por una sola célula, durante gran parte de su historia.

> En este texto, con la palabra ***organismos*** nos referimos a los ***seres vivos***. Es decir, un organismo es un ser individual, capaz de cumplir con los procesos vitales.

Actualmente, hay muchas pruebas para afirmar que los **organismos que habitan la Tierra** se originaron en un evento único y que todos ellos (desde la bacteria productora de la tuberculosis, hasta un ombú o una ballena) tienen un **origen común.** Durante la historia del planeta las condiciones para que se formaran organismos a partir de materia[1] no viva, proceso denominado **generación espontánea**, se dieron solo una vez**.** A partir de ese origen común, los seres vivos fueron variando de manera divergente mediante la **evolución**, que será explicada al final de este texto.

[1] La **materia** es todo aquello que ocupa un lugar en el espacio y tiene masa. En otras palabras, hace referencia a todo lo que nos rodea, ya sean seres vivos o materia inerte, no viva.

La ciencia actual puede explicar el origen y la evolución de la vida sin necesidad de introducir elementos sobrenaturales. En los siguientes párrafos realizaremos un resumen muy acotado de las ideas sobre esta temática y plantearemos las características generales de los organismos.

EN EL COMIENZO (DEL ORIGEN DEL UNIVERSO AL ORIGEN DE LA VIDA)

El universo surgió como resultado de la **gran explosión (Big-Bang)** hace unos 14 000 millones de años; en ese momento se habría formado toda la materia y la energía que aún hoy lo constituyen. Todo estaba concentrado en un único punto muy caliente y denso, y a partir de él el universo se expandió y se enfrió. Comenzó entonces la organización de **átomos**[2] formados por protones, neutrones y electrones.

En determinadas regiones del universo la materia comenzó a condensarse y así surgieron las estrellas y posteriormente los planetas, incluida la Tierra, y satélites.

Esta Tierra primitiva era muy distinta a la actual: su temperatura era muy elevada y la atmósfera muy rica en hidrógeno y helio, y casi carente de oxígeno. Las radiaciones solares llegaban con mucha más intensidad a la superficie terrestre, sobre la que también impactaban numerosos meteoritos (figura 1). Todo esto generaba cambios continuos que llevaban a modificaciones notables en el planeta y a la combinación de átomos para formar distintos tipos de **moléculas**[3].

Figura 1: escenario hipotético que muestra la atmósfera y la superficie terrestre poco tiempo después de la formación del planeta.

[2] Los **átomos** son las unidades básicas de los elementos químicos. Cada átomo consiste en un núcleo, que generalmente contiene protones y neutrones, alrededor del cual se mueven los electrones. Los átomos se combinan y forman **moléculas**.

[3] Las **moléculas** son partículas formadas por dos o más átomos, iguales o diferentes, que se mantienen unidas mediante enlaces químicos. Por ejemplo: una molécula de agua, formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

En ese momento toda la materia ya estaba organizada en tres niveles:

- el **subatómico**, constituido por las partículas subatómicas como protones, neutrones y electrones;
- el **atómico**, que incluye los átomos de los distintos elementos como hidrógeno, oxígeno, hierro, carbono, etc., y
- el **molecular**, representado por las moléculas, que son la unidad mínima de las distintas sustancias y que están formadas por los átomos de los diversos elementos.

Estos **niveles de organización**, denominados **químicos**, son comunes a toda la materia, tanto la que constituye a los seres vivos como a la que se encuentra en los objetos inanimados.

En esa Tierra inicial, con una atmósfera diferente y gran cantidad de radiaciones impactando sobre su superficie, pudieron formarse espontáneamente un tipo especial de moléculas muy complejas: las **biomoléculas**[4] (ver apartado *"la hipótesis del caldo o la sopa primitiva"*). Estas sustancias incluyen proteínas (y sus precursores, los aminoácidos), lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos (y las unidades que los forman, los nucleótidos) y son las moléculas características de los seres vivos. Además, por entonces, la temperatura de la superficie terrestre había descendido lo suficiente, lo que permitió que el agua existiera en estado líquido y se formaran los mares. La formación de biomoléculas en un medio acuoso permitió el surgimiento de los primeros seres vivos hace 4000 millones de años. En el siguiente recuadro se presenta una hipótesis sobre el origen de la vida basada en estos datos.

La hipótesis del caldo o la sopa primitiva

En la década de 1920 **Alexander Oparin** y **John Haldane** propusieron la ***hipótesis del caldo primitivo o sopa primitiva*** para explicar el origen de la vida. Según este modelo, en los mares de la Tierra primigenia sometida a radiaciones, pudieron formarse biomoléculas a partir de los componentes de la atmósfera.

Alrededor de treinta años más tarde, **Stanley Miller** y **Harold Urey** recrearon en el laboratorio la posible atmósfera primitiva rica en hidrógeno, nitrógeno, metano y vapor de agua, por sobre una masa de agua líquida contenida en un balón. Luego sometieron el medio a radiaciones, emulando lo que posiblemente ocurrió cuando el Sol era mucho más joven y no había capa de ozono que protegiera a la atmósfera. Como resultado del experimento s*e produjeron biomoléculas como aminoácidos y nucleótidos*, que quedaron en el agua líquida (figura 2).

El experimento demostró que en las condiciones que tenía la Tierra en el momento del inicio de la vida podían formarse biomoléculas, a diferencia de lo que ocurrió posteriormente ya que, al ir cambiando las condiciones del planeta, en la actualidad las biomoléculas solamente pueden formarse en las células de los seres vivos.

Sin la formación de esas biomoléculas hubiera sido imposible que se formaran las **protocélulas** (precursores de las células) y luego las **primeras células**.

[4] Las **biomoléculas** son **moléculas orgánicas** por presentar átomos de carbono unidos entre sí y con átomos de hidrógeno.

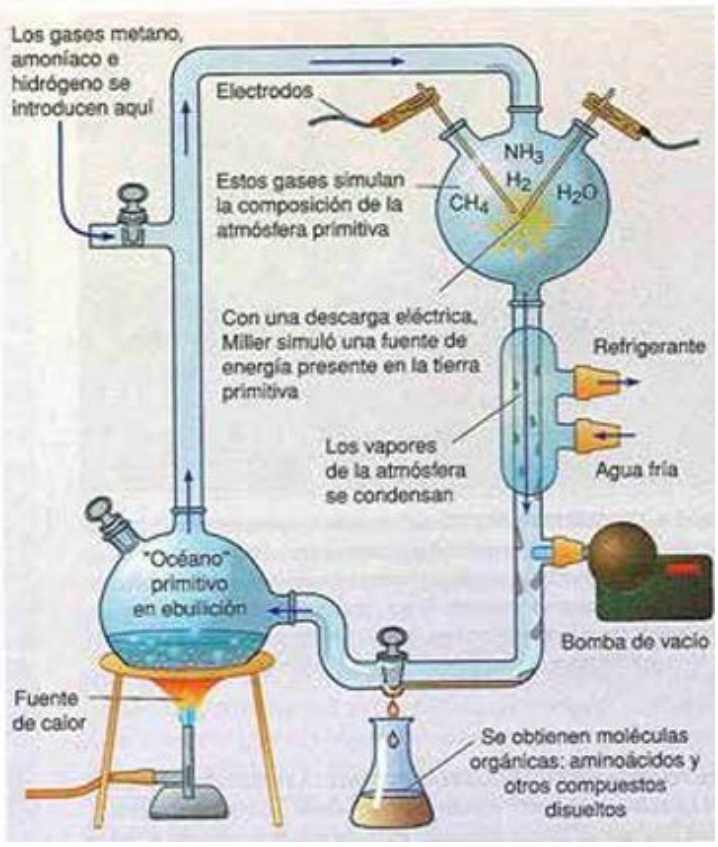

Figura 2: esquema del experimento de Miller y Urey

Existen algunas hipótesis alternativas a la del caldo primitivo que plantean que las biomoléculas se podrían haber formado sobre rocas en la Tierra primitiva, o pudieron llegar al planeta desde el espacio, mediante meteoritos. Sin embargo, todas ellas mantienen la idea de un origen común y espontáneo para la vida, que solamente fue posible en las condiciones que el planeta tenía por aquellos tiempos.

LAS PRIMERAS CÉLULAS

La formación de las biomoléculas fue un paso imprescindible para que luego se formaran las primeras **células**. Estas constituyen **el primer nivel en el que aparece la vida** y, por lo tanto, se consideran **la unidad de los seres vivos**.

Las características de las biomoléculas permitieron tres procesos indispensables para que se originaran las células: 1) aislamiento del medio, 2) capacidad de reproducción y transmisión de las características a la descendencia y 3) desarrollo de sistemas de transformación de materia y energía.

El **aislamiento del medio** es consecuencia del comportamiento que tienen algunos lípidos en agua, como los fosfolípidos. Como veremos en clases posteriores, estos tienden a formar membranas que constituyen esferas (vesículas) y separan un medio interior de uno exterior, ambos acuosos (figura 3). Esta es la base de la formación de las membranas celulares que aíslan

el medio interno del medio externo, pero permiten que haya pasaje limitado de ciertas sustancias a través de ellas.

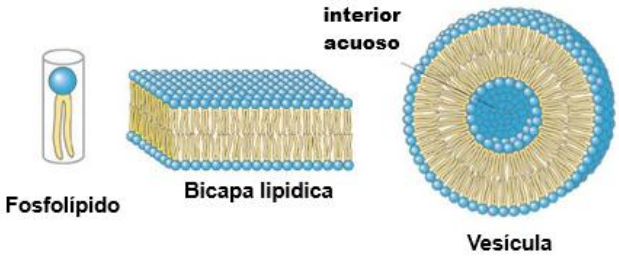

Figura 3: disposición de los fosfolípidos en la formación de las bicapas (membranas) y en las vesículas.

La **reproducción** requirió de la existencia de sustancias que se autoduplicasen y permitiesen transferir información a la descendencia. Las biomoléculas que tienen esa capacidad son los ácidos nucleicos. Si bien actualmente el ***ácido desoxirribonucleico (ADN)*** es la molécula que se autoduplica y transmite información, durante el inicio de la vida posiblemente fue el ***ácido ribonucleico (ARN)*** quien tuvo ese rol. La información contenida en estos ácidos nucleicos contiene el código para que se construyan otras biomoléculas: las proteínas, que son responsables de la mayoría de los procesos que ocurren en las células. Este tema se ampliará las APO 5 y 6.

La **transformación de materia y energía** mediante procesos como la digestión y la respiración fue posible por la formación de sustancias (ARN y proteínas) con capacidad para catalizar[5]. Los catalizadores permiten que ocurran reacciones con facilidad, que sin ellos ocurrirían muy rara vez o tras muy largos periodos.

Estos tres procesos fueron la base para que surgiera el antecesor de todas las células actuales, un organismo hipotético denominado **LUCA** (por la sigla en inglés *last universal common ancestor*), que se formó hace unos 4000 millones de años. En ese momento los seres vivos eran unicelulares y estaban formados por **células procariotas**, semejantes a las que constituyen a las bacterias actuales. Las células procariotas, en general, no poseen membranas internas y por lo tanto carecen de compartimentos internos y su ADN no está separado del citoplasma; además poseen una pared externa y carecen de un esqueleto interno bien desarrollado[6] (figura 4). En un apartado posterior se profundizará la descripción de las células procariotas.

[5] Catalizar significa acelerar una reacción química, es decir, aumentar la velocidad de esa reacción.

[6] Estas características son generales. En las células procariotas existen algunas proteínas con funciones relacionadas con las del citoesqueleto y algunas invaginaciones de membrana que funcionan como membranas internas.

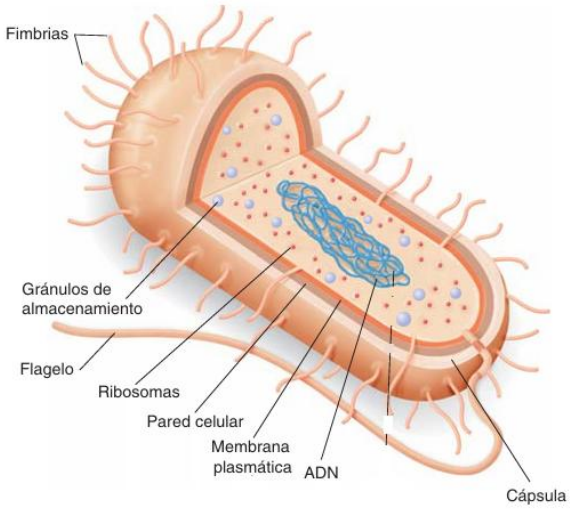

Figura 4: características generales de una célula procariota.

PROPIEDADES DE LOS SERES VIVOS

La vida sigue las leyes de la química y de la física, porque estamos compuestos por el mismo tipo de partículas subatómicas, átomos y moléculas. Sin embargo, hay una serie de propiedades que en conjunto caracterizan a los organismos y que todos ellos poseen; la materia "no viva" nunca reúne todas esas características. Estas propiedades se enumeran a continuación.

1. Reproducción. Los seres vivos generan como descendencia otros seres similares a ellos.

2. Adaptación. Es la capacidad de incrementar la posibilidad de sobrevivir y dejar descendencia en un medio ambiente cambiante. Esto es consecuencia de las pequeñas variaciones que surgen en cada generación y que en algunos casos son beneficiosas para la supervivencia. La adaptación es uno de los factores más importantes para que los organismos se modifiquen y *evolucionen* a lo largo del tiempo.

3. Irritabilidad. Es la propiedad que les permite a los seres vivos reaccionar frente al ambiente que los rodea, tanto ante las condiciones fisicoquímicas del medio ambiente como a otros seres vivos. Como ejemplos encontramos los cambios en la posición de las flores del girasol y la huida de un animal ante la presencia de un depredador, entre otros.

4. Movimiento. Se incluye en esta propiedad tanto al desplazamiento de todo el organismo de un sitio a otro (que puede ser evidente en la mayoría de los animales y en algunos microorganismos), como al flujo de sustancias en el interior de un mismo individuo.

5. Metabolismo. Es el conjunto de reacciones de transformación de materia y energía que ocurre en el interior de los organismos.

6. Homeostasis. Es la capacidad de los seres vivos para mantener su medio interno dentro de ciertos parámetros, más o menos constantes. Los seres vivos realizan intercambios continuos con el medio que los rodea, pero mantienen su interior física y químicamente distinto al ambiente exterior**.** La homeostasis se puede ejemplificar con el mantenimiento de la temperatura corporal en los mamíferos dentro ciertos límites (en general alrededor de los 36 o 37 grados). También son mecanismos homeostáticos los que permiten mantener la

concentración de sustancias e iones en la célula dentro de ciertos valores. Un ejemplo de esto último es lo que ocurre cuando se ingieren comidas ricas en azúcares: inmediatamente el organismo libera a la circulación sustancias que inducen un descenso de la concentración de glucosa en la sangre (la glucosa es el azúcar que los animales tenemos disuelto en la sangre).

7. Organización compleja. Esta organización ocurre en niveles, de los que en este texto ya describimos los **químicos**, que son comunes a toda la materia. En los seres vivos se agregan otros (figura 6). El **subcelular** que comprende estructuras formadas por reunión de moléculas y que forman partes fundamentales de las células, por ejemplo, sus membranas. El nivel central de organización para que pueda existir vida es el **celular**. Hay organismos formados por una sola célula (**organismos unicelulares**), otros están formados por muchas células, las que pueden ser similares entre sí (**organismos multicelulares**) o distintas y poseer diferentes funciones (**organismos pluricelulares**). Las células solo están en los organismos, sin células no hay vida.

Para comprender el alcance de estas propiedades daremos el ejemplo de los virus (grupo de organismos que incluye a los agentes responsables de enfermedades como la rabia y el COVID), que no alcanzan la organización celular porque no pueden reproducirse ni sintetizar sustancias por sí mismos, por lo tanto, no se los considera seres vivos, aunque tengan una composición química similar a ellos.

ORGANISMOS AUTÓTROFOS Y HETERÓTROFOS

La energía que existe en el universo solo se forma en las estrellas. Toda la energía que hay en nuestro planeta se origina del Sol. Los organismos solo podemos realizar transformaciones de energía para poder sintetizar biomoléculas. Desde el punto de vista de las transformaciones de materia y energía existen dos tipos de organismos: **autótrofos y heterótrofos**.

Los **organismos autótrofos** son capaces de sintetizar sus biomoléculas a partir de componentes inorgánicos y liberando oxígeno al medio. Esto se relaciona, en general, con el proceso de *fotosíntesis*[7], en el que se utiliza la luz solar como fuente de energía para formar biomoléculas. Algunas bacterias, las algas y las plantas realizan fotosíntesis. En cambio, los **organismos heterótrofos**, como los animales y los hongos, necesitan consumir o absorber biomoléculas presentes en otros organismos para luego transformarlas y poder construir las propias.

En las primeras etapas de la vida se formaron algunos procariotas fotosintéticos. Esto llevó a que se liberara oxígeno al medio ambiente. Ese oxígeno era tóxico para muchas de las células procariotas existentes (aún hoy algunas bacterias, como el agente productor del tétanos, son **anaerobias** y mueren en presencia de oxígeno). Tras millones de años este gas pasó a ser un componente importante de la atmósfera y muchos organismos comenzaron a utilizarlo en sus reacciones metabólicas (organismos **aerobios**). También a partir de este gas se formó la capa de ozono que protege a la superficie terrestre de las radiaciones. Esto generó una mayor estabilidad en el

[7] Si bien la fotosíntesis es la forma más frecuente de autotrofia, existen además mecanismos de quimiosíntesis en los que se obtiene energía a partir de la reducción de algunas sustancias inorgánicas. Esto es muy importante en ecosistemas de las profundidades marinas, donde no llega la luz solar.

planeta y favoreció la aparición de organismos más complejos con otro tipo celular: la **célula eucariota**.

EL SURGIMIENTO DE LAS CÉLULAS EUCARIOTAS

Los organismos procariotas fueron los únicos habitantes de la Tierra durante miles de millones de años, hasta que hace unos 2000 millones de años se originaron las células **eucariotas.** La formación de este tipo celular requirió de varios procesos: la **formación de membranas internas**, la **pérdida de pared celular**, el **desarrollo de un esqueleto interno** (citoesqueleto) y la incorporación de otros microorganismos en su interior por **fagocitosis.**

La invaginación[8] de la membrana plasmática aumentó la superficie para el intercambio con el medio externo. Así, una gran cantidad de proteínas, relacionadas con procesos fundamentales como la fotosíntesis y la respiración, se ubicaron sobre esa mayor superficie de membrana. Algunas de estas invaginaciones rodearon al material genético y formaron la envoltura nuclear, otras generaron organelas membranosas como el complejo de Golgi y el retículo endoplásmico.

La pérdida de pared celular[9] y la adquisición de un esqueleto interno (citoesqueleto) fueron necesarias para que las células pudieran desplazarse y comenzaran a alimentarse de otras mediante el proceso de fagocitosis[10]. Sin embargo, algunos procariotas fagocitados resistieron la digestión y pudieron sobrevivir y reproducirse en el interior de las células eucariotas, lo que se conoce como **endosimbiosis**. En este proceso ambos tipos celulares se beneficiaron: el organismo endocitado se encontró protegido y aprovechó los nutrientes que el otro incorporaba; mientras que la célula que fagocitó pudo incorporar procesos bioquímicos que antes no realizaba, como la utilización del oxígeno en los procesos metabólicos. Algunas de las bacterias fagocitadas realizaban respiración aérobica y se incorporaron a la célula como **mitocondrias**, las que hasta la actualidad se encuentran en prácticamente todas las células eucariotas. Además, algunos linajes de esas primeras células eucariotas endocitaron a procariotas fotosintéticos, que una vez incorporados a las células se convirtieron en **cloroplastos** (figura 5)**.**

[8] La invaginación de la membrana se refiere al proceso en el que una parte de la membrana celular se pliega hacia el interior celular o de una organela, formando compartimentos internos. Esto fue un proceso fundamental en la evolución de las células eucariotas.

[9] Tiempo después se desarrolló una pared en las células de plantas y hongos, pero el origen y la composición de estas paredes son totalmente distintos a los de las células procariotas.

[10] La fagocitosis es la captura de partículas microscópicas que realizan ciertas células con fines de nutrición o de defensa, mediante la emisión de extensiones de membrana celular denominados seudópodos.

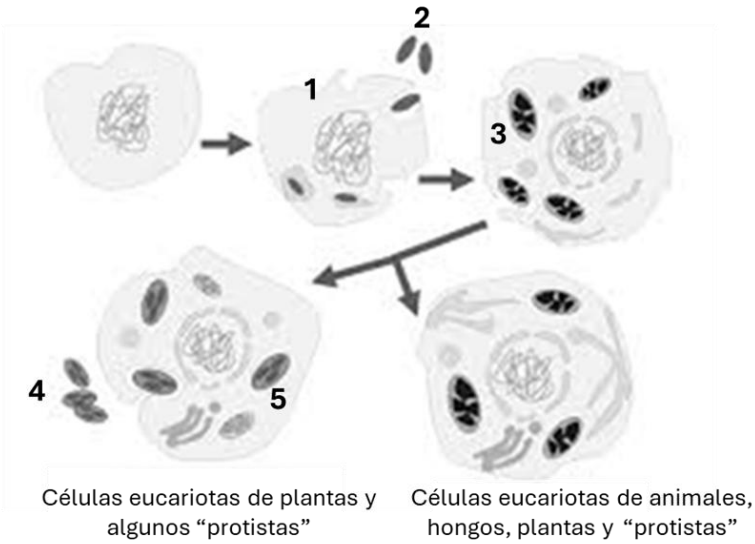

Figura 5: esquema que representa el origen de las células eucariotas. 1. invaginación de la membrana plasmática. 2. bacterias aerobias. 3. mitocondrias. 4. procariotas fotosintéticos, 5. cloroplastos.

EL ORIGEN DE LA MULTI Y LA PLURICELULARIDAD

Durante alrededor de 1000 millones de años la vida siguió siendo unicelular. Algunas células eucariotas comenzaron a expresar sustancias que les permitían comunicarse y unirse entre ellas. Los organismos **multicelulares** surgieron por la unión de varias células similares con la consecuente formación de un único ser. Un paso siguiente fue la formación de organismos **pluricelulares.** En ellos las células comenzaron a ser diferentes entre sí y adquirieron distintas funciones, por ejemplo, algunas células le permitieron al organismo reproducirse y otras alimentarse.

La pluricelularidad implicó que surgieran nuevos niveles de organización en los seres vivos. Estos serán descriptos haciendo especial referencia a lo que ocurre en animales.

El nivel de **población celular** incluye el conjunto de células morfológica, funcional y químicamente similares; por ejemplo, todas las células musculares del corazón (miocardiocitos) de un animal constituyen una población celular. En plantas y animales las distintas poblaciones celulares presentes forman estructuras más complejas denominadas tejidos. Los **tejidos** representan el nivel de organización **tisular**. Un tejido es **un conjunto de poblaciones celulares y de matriz extracelular que realizan funciones coordinadas y complementarias**. Los tejidos se reúnen en los **órganos (nivel orgánico)**, como el estómago, el intestino, el hueso, etc. En ellos los tejidos actúan en forma coordinada y complementaria. Los órganos cumplen funciones específicas, por ejemplo, los riñones producen la orina, pero también secretan algunas sustancias que regulan la presión arterial. A su vez, los órganos se reúnen en **sistemas (nivel sistémico)**, por ejemplo, el sistema digestivo, el reproductor, entre otros. Un sistema está constituido por órganos que en su conjunto cumplen con uno de los procesos integrales que ocurren en los seres vivos, como la digestión o la reproducción. El siguiente nivel de organización es el **organismo**, definido como un ser que puede cumplir con todos los procesos vitales. *En el caso de individuos pluricelulares, el organismo está formado por el conjunto de sistemas, pero en los unicelulares, la célula en sí misma es un organismo.*

LA DIVERSIDAD DE LA VIDA Y SU CLASIFICACIÓN

La gran diversificación de los organismos pluricelulares comenzó hace unos 500 millones de años (periodo Cámbrico). Si bien hubo varios tipos de animales que se extinguieron, los grandes grupos de animales actuales (por ejemplo, moluscos, artrópodos, vertebrados) ya tenían representantes por esa época y de ellos derivaron las especies[11] actuales. Las plantas surgieron unos 100 millones de años después. Por entonces, organismos muy diversos colonizaron la superficie del planeta; además de habitar los mares.

Para poder interpretar y describir la gran diversidad de seres vivos, estos se agrupan según sus similitudes y sus relaciones evolutivas en **categorías taxonómicas**. La categoría mayor es el dominio, existen tres dominios: Eukarya, Archaea y Bacteria. El primero abarca a todos los organismos formados por células eucariotas e incluye a los reinos: Animalia (animales), Plantae (plantas), Fungi (hongos) y "Protistas"[12]. Los dominios Archaea y Bacteria comprenden organismos constituidos por células procariotas, con algunas diferencias entre ellas.

LOS SERES VIVOS EN RELACIÓN CON EL MEDIO QUE LOS RODEA

La relación de los organismos entre sí y con el ambiente explica por qué es imprescindible para entender a los seres vivos establecer niveles de organización supraorgánicos, que en conjunto se denominan **niveles ecológicos** y se describen a continuación (figura 6).

La **población** es el conjunto de individuos de una misma especie que habitan en un lugar y en un momento determinado. El conjunto de las poblaciones de todas las especies que habitan en un lugar y en un momento determinado es una **comunidad**. Cuando pensamos en una comunidad no debemos tomar en cuenta solamente los organismos que podemos ver. Cada uno/a de nosotros/as es en realidad una comunidad, cualquier animal contiene una microbiota[13] con miles de millones de microorganismos (bacterias, arqueas, hongos, protistas) que viven en sus órganos y son fundamentales para el funcionamiento de los sistemas orgánicos. Por ejemplo, sin esa microbiota los herbívoros no podrían digerir la celulosa presente en los vegetales.

La comunidad y los factores abióticos[14] con los que interactúa (características del suelo, del clima, etc.) constituyen un **ecosistema.** En todo ecosistema conviven organismos autótrofos (productores) y heterótrofos (consumidores y descomponedores).

Todas las comunidades del planeta constituyen la **biósfera** y todos los ecosistemas la **ecósfera.**

---

[11] De manera simplificada, podemos definir una especie como grupos de poblaciones naturales que se cruzan efectiva o potencialmente, que están aisladas reproductivamente de otros grupos semejantes.

[12] Según la mayoría de los trabajos actuales, el término **protista** no corresponde a un verdadero reino e incluye a numerosos supergrupos de organismos con diferentes características, que no comparten un ancestro común. En este texto se incluyen en esta categoría a los organismos eucariotas que no son plantas, ni animales, ni hongos.

[13] Se denomina **microbiota** a una comunidad de microorganismos que se encuentran en un hábitat definido con el que se relacionan (nicho ecológico).

[14] Los **factores abióticos** son los componentes no vivos de un ecosistema, que influyen en la vida de los organismos. Pueden ser físicos, como la temperatura y la humedad, o químicos, como el pH del suelo y la concentración de nutrientes.

Cada nivel de organización posee propiedades que dependen de las de sus componentes, pero que estos componentes por sí solos no pueden realizar. Este tipo de propiedades se denominan **propiedades emergentes**. Por ejemplo, el sistema digestivo puede degradar los alimentos y absorber los nutrientes (aminoácidos, monosacáridos, etc.) debido a las características de los órganos que lo componen (boca, estómago, intestino, etc.) y de los tejidos y células que estos poseen. Sin embargo, la digestión es una propiedad emergente del organismo en su conjunto, o en realidad de la comunidad que formamos con nuestra microbiota, porque requiere de la sangre transportada por el sistema circulatorio, del oxígeno que ingresó en el sistema respiratorio, etcétera.

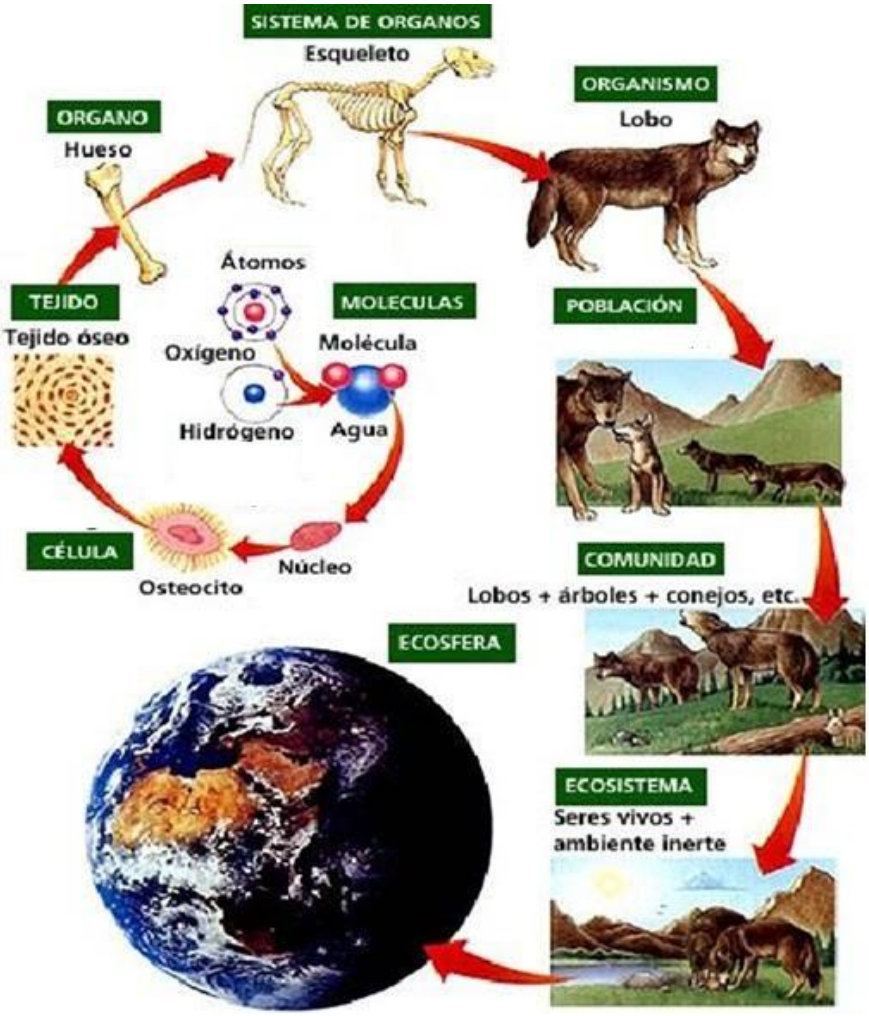

Figura 6: niveles de organización de los seres vivos.

EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

La vida continúa y los organismos se siguen modificando en la actualidad. La **evolución** es la serie de modificaciones que ocurren en los seres vivos y que llevan a la formación de nuevas especies**.** La evolución es compleja y no es objetivo de este texto describir en detalle sus características, solamente realizaremos un breve resumen de las ideas centrales de la visión actual de la **teoría de la evolución** y de su origen. Es importante aclarar que cuando en ciencia nos referimos a **teoría** hablamos de un enunciado apoyado por numerosas pruebas. La Biología se basa en dos grandes

teorías: **la teoría celular,** que propone la similitud de la vida a partir de la organización celular, y **la teoría de la evolución,** que explica la diversidad de la vida.

Muchas veces la evolución de las especies se muestra como una escalera; ese modelo culmina, por lo general, con la imagen de un ser humano (y frecuentemente varón y europeo) en el último escalón. Esa imagen es un error. Ya en 1859 cuando el naturalista inglés Charles Darwin publicó su obra "El origen de las especies" planteó que el proceso de la evolución de las especies de seres vivos adquiere una disposición arborescente (figura 7). Cada grupo de especies, además de poder divergir y originar otros grupos, continuó su propia evolución. Por ejemplo, de los reptiles surgieron los mamíferos y las aves; pero también estos reptiles siguieron cambiando y la mayoría de las especies que existen en la actualidad no vivían cuando aparecieron en el planeta los primeros mamíferos.

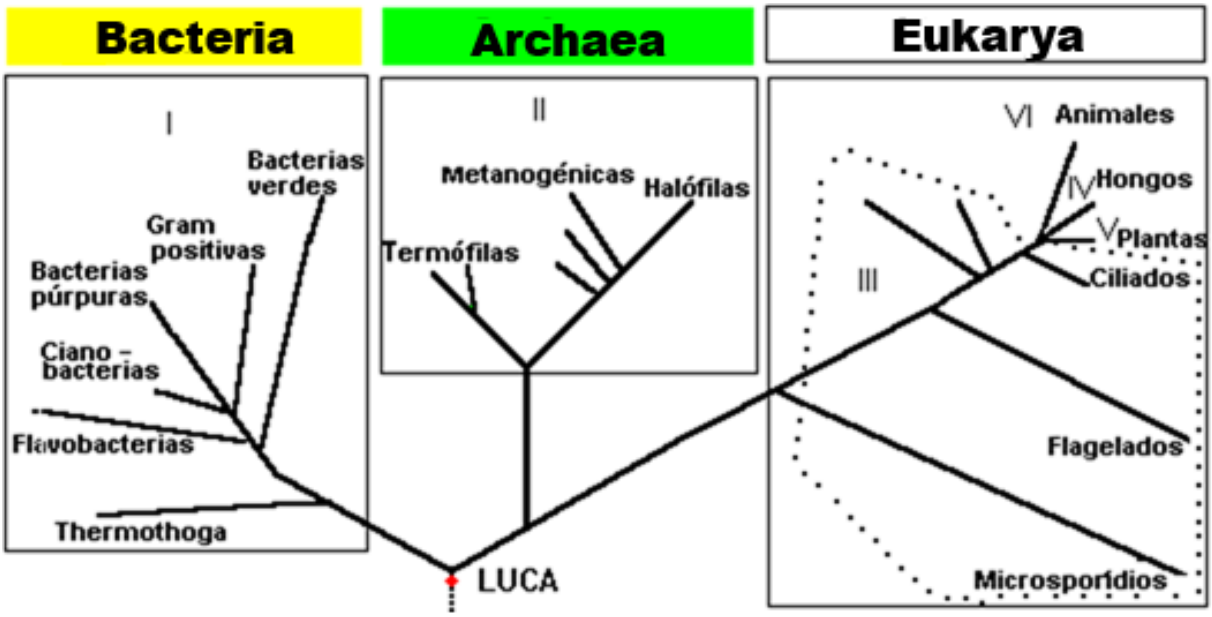

Figura 7. Se muestran las principales ramas del árbol de la vida. En el dominio Eukarya los organismos mencionados como ciliados, flagelados y microsporidios fueron agrupados para este texto en el "reino protista".

A continuación, se realiza una descripción simplificada de la visión moderna más aceptada sobre los mecanismos de la evolución.

Como se mencionó, la vida parece haber tenido un único origen, que solo pudo ocurrir en ese momento por las condiciones ambientales especiales que tenía entonces la Tierra. Dentro de las propiedades de los seres vivos mencionamos que pueden reproducirse y dejar descendencia similar a sí mismos. El ADN contiene un código genético que se transmite cada vez que se autoduplica; sin embargo, suelen existir pequeñas diferencias entre el material genético original y el duplicado; algunos de esos cambios (denominados mutaciones) pueden producir modificaciones físicas y de comportamiento en los organismos. Cuando estos cambios favorecen la supervivencia y la capacidad para dejar descendencia tienden a pasar de

generación en generación, a este mecanismo se lo denomina **selección natural**[15]. Entonces, según el modelo de la selección natural, en cada generación existen cambios entre los progenitores y la descendencia; algunas de esas modificaciones favorecen la supervivencia. Como nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, quienes se adapten mejor al medio tienen más posibilidades de hacerlo y dejar descendencia. Resumiendo, la teoría de la evolución propone como principal fuente de cambio (pero no la única) a las mutaciones y como mecanismo que permite el mantenimiento de ese cambio (tampoco único) a la selección natural.

La teoría evolutiva actual mantiene lo antedicho, pero ha incorporado otras ideas. Por ejemplo, la importancia del azar para que se generen algunos cambios evolutivos o la gran trascendencia que tienen para la evolución las modificaciones que afectan al desarrollo embrionario. Un aporte muy significativo a la teoría evolutiva fue realizado por la bióloga estadounidense Lynn Margulis, quien resaltó la importancia de la **simbiosis** (relación muy estrecha entre organismos) para la evolución. Ella fue quien planteó el origen bacteriano de mitocondrias y cloroplastos que explicamos previamente; pero, además, propuso un origen simbiótico para la pluricelularidad y la reproducción sexual.

La evolución depende del medio ambiente al que se deben adaptar los organismos, por lo tanto, no existe una tendencia ni un camino prefijado. El resultado de la evolución es la diversidad de la vida, una diversidad cambiante e inestable. La evolución ha tenido periodos en los que se formó una gran cantidad de nuevos organismos, y eso generalmente tuvo que ver con extinciones masivas. Las especies que desaparecen dejan nichos[16] vacíos que ocupan otros organismos. Durante millones de años los mamíferos estuvieron limitados a unos pocos ambientes y no había una gran variedad de grupos. Pero, cuando se extinguieron los grandes reptiles, incluidos los dinosaurios (como consecuencia de la caída de un meteorito), los mamíferos evolucionaron para adaptarse a los nichos vacantes y surgieron especies voladoras (murciélagos), totalmente acuáticas (ballenas), corredoras (caballos), etc.

Desde un primer momento de la historia de la vida, los seres vivos se fueron adaptando a los cambios ambientales, lo que les permitió sobrevivir; pero también ellos mismos fueron responsables de esos cambios ambientales. Como ya mencionamos, el gran cambio en la composición de la atmósfera fue consecuencia de la fotosíntesis y la liberación de oxígeno. Esto generó que la atmósfera pasara de reductora a oxidante y que se formara una capa de ozono que protege de la luz ultravioleta a la superficie del planeta; todo esto contribuyó, a su vez, a una mayor estabilidad genética con la formación de organismos más complejos. Sin ir a ejemplos tan extremos, podemos ver cómo ciertas plantas son fundamentales para mantener las dunas en los ambientes costeros, o cómo los castores con su construcción de diques llevan a modificar el cauce de los ríos. El ser humano está realizando grandes cambios en el planeta, paradójicamente uno de los más importantes ha sido la reducción de

[15] La importancia de la selección natural como mecanismo de la evolución fue planteada originalmente en 1858 por los británicos Charles Darwin y Alfred Wallace. La teoría fue planteada extensamente en el libro "El Origen de las especies", publicado por Darwin un año después. Por entonces no se conocían las mutaciones y, por lo tanto, no se sabía cómo surgían las variaciones en los organismos.

[16] Se denomina nicho (ecológico) al papel que desempeña una especie dentro de un ecosistema, incluyendo su modo de vida, interacciones con otros organismos y el ambiente y adaptaciones al entorno.

la capa de ozono que se había formado consecuencia de la actividad biológica hace cientos de millones de años.

La evolución continúa actuando sobre los seres vivos y, además, la acción humana sobre la naturaleza modifica el proceso evolutivo. Daremos un ejemplo en el que la evolución se modifica por la acción de un Médico Veterinario, para comprobar por qué el conocimiento de los mecanismos que generan cambios en los organismos es importante en la práctica médica. Una tutora lleva a su perro de raza Ovejero Alemán a una clínica veterinaria porque el animal sacude la cabeza y emite gemidos de dolor. Un Médico Veterinario revisa al animal y reconoce los signos de una otitis (inflamación del oído) de posible origen bacteriano. El profesional le receta gotas y comprimidos, ambos contienen un antibiótico (medicamento que destruye a las bacterias). En una semana el perro vuelve al consultorio en excelente estado. Sin embargo, cuando pasa otra semana el animal se encuentra nuevamente con gran dolor y malestar. ¿Cómo se puede explicar esto?: mediante la teoría de la evolución. El antibiótico administrado mató a la casi totalidad de las bacterias, pero por azar en toda población de microrganismos ocurren mutaciones que permiten la eliminación de ese antibiótico. Estas bacterias resistentes no fueron generadas por el antibiótico, pero, al poseer la mutación, fueron las únicas capaces de sobrevivir. Esas pocas bacterias que sobrevivieron se reprodujeron sin competencia y originaron toda la descendencia que volvió a desarrollar la enfermedad en el perro. El Médico Veterinario, en una nueva consulta, realizó un estudio de laboratorio (cultivo y antibiograma) que le permitió seleccionar un antibiótico para el que no existan en ese oído bacterias resistentes. Tras algunas semanas de tratamiento, el proceso desapareció y el animal no repitió el problema. La resistencia a los antibióticos es un ejemplo de evolución (figura 8). En una población bacteriana, algunas células desarrollan mutaciones al azar que les permiten sobrevivir al antibiótico. Cuando se administra el antibiótico, las bacterias sensibles mueren, pero las resistentes sobreviven y se reproducen. Además, las bacterias pueden compartir esos genes de resistencia mediante distintos mecanismos, acelerando la propagación de esa ventaja adaptativa. Los antibióticos ejercen una presión selectiva que favorece a los organismos resistentes, y por eso el problema crece cuanto más se usan de manera indiscriminada.

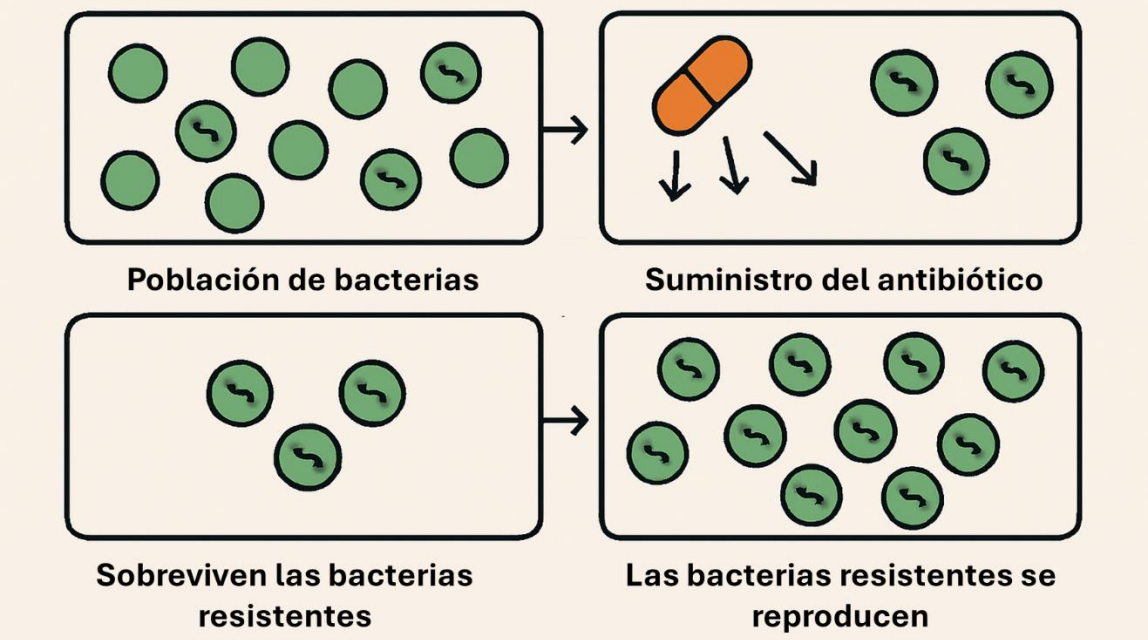

Figura 8: se representa una población inicial con algunas bacterias que poseen una mutación que las hace resistentes ( ). La aplicación del antibiótico eliminó a las bacterias sensibles (sin la mutación), mientras que las resistentes sobrevivieron. La reproducción de estas bacterias dio lugar a una población completamente resistente.

Desde la Biología básica a la integración de las ciencias médicas: el concepto de UNA SALUD

Si bien es fundamental que el/la veterinario/a conozca los aspectos básicos de la Biología para poder actuar sobre los seres vivos, mejorando la salud y la producción animal, en la medicina actual es necesario que los/las profesionales integren distintas disciplinas. Los conocimientos básicos de áreas de la Biología como la Ecología y la Evolución, que hemos presentado previamente, son fundamentales para ubicar a los animales en su entorno y enmarcar la actividad del/la veterinario/a en el paradigma actual de UNA SALUD, que considera que es imposible separar la salud animal, de la humana y la ambiental.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el paradigma de UNA SALUD es un enfoque integral y unificador cuyo objetivo es equilibrar y optimizar la salud de las personas, los animales y los ecosistemas. En este marco se utilizan los vínculos estrechos e interdependientes que existen entre ellos para establecer nuevos métodos de vigilancia y control de enfermedades. Dentro de este enfoque, profesionales con distintas formaciones deben interactuar y los/las médicos/as veterinarios/as tienen roles fundamentales.

UNA SALUD se ocupa de numerosas situaciones sanitarias problemáticos en las que el/la médico/a veterinario/a debe actuar, a continuación, se enumeran algunas de ellas:

- las zoonosis, que son enfermedades infecciosas producidas por microorganismos que se propagan entre animales y personas, como la gripe aviar, la hantavirosis, la rabia, etc.;
- las enfermedades transmitidas por vectores (mosquitos, garrapatas, piojos y pulgas) que incluyen al dengue y el paludismo;
- las enfermedades de transmisión alimentaria, causadas por la contaminación de los alimentos y la pérdida de la inocuidad alimentaria, como por ejemplo la salmonelosis;
- la salud ambiental, que se altera por ejemplo con la contaminación del agua, la contaminación atmosférica y el cambio climático, afectando el bienestar y la homeostasis del ser humano y los animales;
- la resistencia a los antimicrobianos, por ejemplo, los antibióticos, que favorece el desarrollo de agentes capaces de tolerar a los fármacos diseñados para acabar con ellos y seguir reproduciéndose.

Si bien el concepto de UNA SALUD estaba en vigencia desde hacía ya algún tiempo, la aparición del virus SARS-CoV-2 causante del COVID-19 hizo patente la necesidad de reforzar este enfoque «Una sola salud», enfatizando las conexiones entre la salud humana, la salud animal y el medio ambiente.

Desde la Organización Mundial de la Salud se plantea la necesidad de que los gobiernos de los estados inviertan en investigación y desarrollo para monitorear la aparición y diseminación de nuevas enfermedades, en especial las zoonosis y las trasmitidas por vectores, y en el control de la salud ambiental y la inocuidad sanitaria del agua y los alimentos.